

PREPARASI ZEOLIT ALAM AKTIF UNTUK PROSES PERENGKAHAN KATALITIK PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK MENJADI FRAKSI BENSIN DENGAN VARIASI SUHU DAN WAKTU PERENGKAHAN¹⁾

Arif Rahman²⁾, Eko Budhi Siswanto²⁾, Supardi²⁾, I.F. Nurcahyono²⁾, dan Tantri Yuliani²⁾

INTISARI

Selama ini plastik dikenal secara luas pada bidang kemasan, bangunan, peralatan, rumah tangga, peralatan listrik dan bidang lainnya. Pemanfaatan plastik yang luas belum diimbangi dengan penanganan sampah yang memadai, sehingga sampah plastik di masa yang akan datang dapat menjadi masalah yang cukup penting, karena plastik tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Oleh karena itu, pengolahan sampah plastik menjadi senyawa lain yang lebih bermanfaat mulai diteliti dan menjanjikan harapan baru tentang pengolahan sampah yang lebih baik dan bermanfaat, yakni dengan perengkahan katalitik.

Telah dilakukan perengkahan sampah plastik polipropilen dengan menggunakan zeolit alam aktif yang telah dipreparasi. Aktivitas zeolit diawali pengasaman, kemudian dilanjutkan dengan proses kalsinasi dan oksidasi. Kalsinasi dilakukan dengan memanaskan zeolit alam pada suhu dan waktu tertentu. Sedangkan oksidasi dilakukan dengan memanaskan zeolit serta pemberian aliran gas oksigen. Zeolit yang sudah dipreparasi kemudian dibentuk menjadi pelet. Dengan menganalisis hasil perengkahan sampah plastik dengan menggunakan zeolit alam aktif maka dapatlah diketahui bahwa sampah tersebut mengalami konversi menjadi fraksi bensin.

¹⁾LKIP 2000/2001.

²⁾Mahasiswa Jurusan Kimia, FMIPA, UGM, Yogyakarta; dosen pembimbing Dr. Wega Trisunaryanti.

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Kendala sampah plastik yang senantiasa sulit diatasi dan diprediksi makin meningkat setiap saat, memerlukan suatu upaya pengolahan agar lebih bermanfaat dan bernilai guna. Salah satu upaya penelitian yang lebih menjanjikan adalah dengan pengolahan sampah melalui perengkahan katalitik (Siauw, *et al.*, 1994). Perengkahan katalitik plastik jenis polipropilen telah dilakukan dan menghasilkan fraksi bensin dengan menggunakan katalis zeolit alam aktif (Cahyono, dkk, 1998).

Jika zeolit alam aktif dapat berfungsi dengan optimal dalam proses perengkahan, maka akan didapatkan banyak keuntungan karena biayanya murah, penanganannya mudah dan potensi sumber daya alam zeolit yang melimpah. Selain itu, perengkahan katalitik dengan menggunakan zeolit alam aktif diharapkan dapat mengatasi masalah sampah plastik dan menghasilkan sumber energi alternatif, berupa bahan bakar setingkat fraksi bensin.

Tinjauan Pustaka

A. Propilen

Propilen merupakan polimer dari propena yang memiliki struktur- $\{-CH_2CHCH_3-\}$.

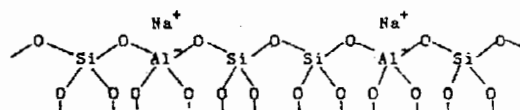
Polipropilen dapat membentuk struktur isotaktik, sindiotaktik, maupun ataktik. Taksitas polipropilen dapat dianalisis dari spektra IR yang dihasilkan seperti pita

serapan pada daerah 1167 cm^{-1} , 997 cm^{-1} , dan 841 cm^{-1} yang mengungkapkan konformasi heliks lipat tiga terisolasi dari polipropilen bentuk isotaktik (Hartomo, 1995). Polipropilen memiliki titik lebur 200°C .

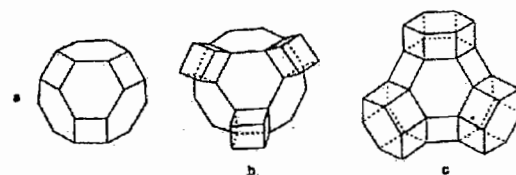
B. Zeolit Alam

Seorang ahli mineralogi Swedia A.F.Constread, pada tahun 1756 mengamati bahwa mineral Stilkit dapat membuih jika dipanaskan. Hasil pengamatan ini menumbuhkan inspirasi untuk memberi nama zeolit pada mineral tersebut. Kata Zeolit berasal dari bahasa Yunani, yaitu, *zeo* yang berarti mendidih dan *litos* yang berarti batu (Nugroho, 1999).

Struktur permukaan Zeolit dan Sodalit ditunjukkan pada Gambar 1.



Struktur permukaan zeolit



Permukaan kerangka dasar zeolit (sodalit)

Gambar 1. Struktur Permukaan Zeolit dan Sodalit

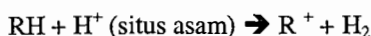
Sifat paling penting dari zeolit adalah sebagai katalis heterogen. Zeolit akan bermanfaat sebagai katalis apabila memiliki saluran-saluran yang paling kecil lebarnya 4 Å. Gugus yang berperan dalam proses katalitik adalah situs asam dari zeolit, yaitu keasaman gugus hidroksi yang bergabung dengan aluminium tetrahedral.

C. Proses Perengkahan Katalitik

Pirolisis polimer secara umum merupakan langkah depolimerisasi. Pada suhu yang relatif tinggi, ikatan-ikatan antara C-C di dalam rantai maupun ikatan dengan gugus cabang akan terputus secara acak (mungkin di tengah rantai ataupun di pinggir rantai) karena polimer mempunyai rantai panjang dan berat molekul yang tinggi.

Pada suhu tertentu, biasanya pada suhu yang tinggi, laju polimerisasi maupun depolimerisasi dan pada suhu yang lebih tinggi, laju polimerisasi lebih lambat daripada laju depolimerisasi (Billmeyer, 1971)

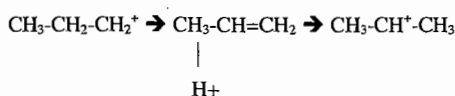
Ciri-ciri umum dari mekanisme perengkahan yaitu melibatkan bentuk ion karbonium:



Dengan: R = alkil

R⁺ = Ion karbonium

Ion karbonium kemudian mengalami bermacam-macam reaksi penataan ulang dan pembelahan salah satunya adalah:



D. Kromatografi Gas

Kromatografi gas-cair merupakan instrumentasi kromatografi yang menggunakan fase gerak berupa gas dan fase diam berupa cairan. Prinsip kerja yang mendasari pemisahan diantara komponen penyusun cuplikan, adalah partisi antara fase diam dan fase gerak. Pemisahan yang terjadi pada komponen cuplikan mengakibatkan tiap penyusun akan sampai ke detektor dalam waktu yang berbeda-beda. Waktu yang dibutuhkan oleh suatu komponen dari mulai dimasukkan hingga terbaca oleh detektor disebut waktu retensi (Pecsok, 1976).

Banyaknya komponen penyusun dapat ditentukan dengan banyaknya puncak yang muncul pada kromatogram., tentunya tidak menutup kemungkinan senyawa yang memiliki sifat hampir sama dapat berada pada puncak yang sama. Untuk mengatasi hal ini perlu dilakukan pengoperasian alat dengan menaikkan suhu pengoperasian yang perlahan-lahan.

METODE PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

- Menemukan cara efektif mengolah sampah plastik menjadi fraksi bensin melalui metode yang sederhana

- Mengurangi pencemaran yang disebabkan oleh limbah plastik
- Mengadakan pendaurulangan sampah yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme
- Memanfaatkan sampah plastik untuk diolah menjadi sesuatu yang lebih berguna
- Memanfaatkan zeolit alam yang melimpah di Indonesia untuk dijadikan katalis dalam perengkahan.

B. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan selama 10 minggu, pada awal Agustus hingga akhir Oktober 2001 di Laboratorium Kimia Fisika FMIPA Universitas Gadjah Mada.

C. Metode Penelitian

- Kalsinasi dan oksidasi zeolit alam aktif

Sebelum zeolit alam aktif digunakan untuk proses katalitik, dilakukan proses kalsinasi untuk menghilangkan pengotor-pengotor organik. Zeolit alam dimasukkan dalam reaktor lalu dipanaskan 450 °C sambil dialiri gas nitrogen selama 5 jam. Kemudian dipanaskan dalam oven 500 °C tanpa dialiri gas nitrogen selama 3 jam. Selanjutnya zeolit alam aktif dioksidasi pada suhu 400 °C selama 2 jam dalam reaktor.

- Pembuatan pelet zeolit alam aktif

Zeolit alam aktif 10 gr hasil kalsinasi dan oksidasi dibuat menjadi pelet tekanan rendah dengan ukuran tinggi kurang lebih 1 cm dan diameter alas 3 mm. Selanjutnya uap air yang terserap selama proses pembuatan pelet dihilangkan dengan dioven pada suhu 100° C sambil divakumkan.

- Perlakuan awal sampah plastik

Plastik jenis polipropilen bekas kemasan air mineral dikumpulkan dari sampah pasar, pertokoan, perkantoran dan rumah tangga, dicuci dengan deterjen, kemudian dikeringkan. Plastik kering dipotong kecil-kecil agar mudah dimasukkan kedalam alat destilasi.

- Destilasi

Plastik dimasukkan kedalam labu destilasi, kemudian dipanaskan perlahan-lahan. Selanjutnya cairan plastik yang terbentuk diambil fraksi kurang dari 160° C dan 160-250° C. Fraksi 160-250° C dijadikan sebagai umpan (feed) pada proses katalitik.

- Proses perengkahan katalitik plastik

Dilakukan dengan reaktor *batch*, umpan dan katalis dimasukkan dalam reaktor kemudian ditutup rapat dan dialiri gas nitrogen untuk mengusir gas oksigen yang terjebak dalam reaktor. Setelah beberapa menit, kran reaktor

ditutup dan aliran gas nitrogen dihentikan. Reaktor dipanaskan pada tungku (furnace) dengan variasi suhu dalam reaktor 250° C, 300° C dan 350° C, serta variasi waktu perengkahan 30 dan 60 menit. Setelah proses selesai, reaktor didinginkan, kemudian produk dipisahkan dari katalis.

D. Teknik Pengumpulan Data

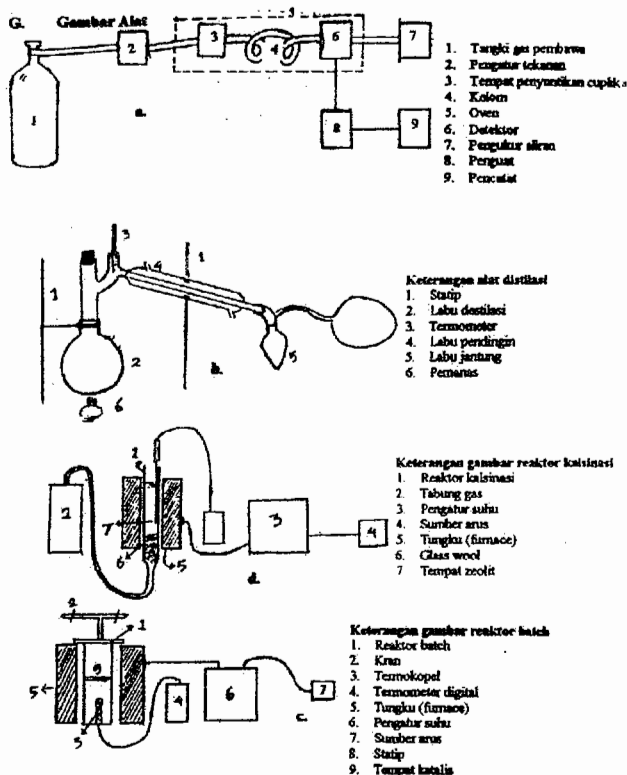
Hasil perengkahan tiap variasi suhu dan waktu diambil untuk dianalisa dengan menggunakan kromatografi gas, kemudian dibandingkan dengan data umpan yang digunakan dan alat dari bensin yang beredar dipasaran.

E. Bahan Penelitian

- zeolit alam aktif ukuran 100 mesh
- gelas plastik pengemas air minum
- gas nitrogen dan oksigen
- spirtus, *glass wool* dan bensin

F. Gambar Alat

Alat-alat penelitian yang digunakan, ditunjukkan pada Gambar III.1.



Gambar III.1 a. Kromatografi gas, b. alat destilasi, c. alat perengkahan, d. alat pengkalsinasi dan oksidasi

G. Analisis produk

Untuk menentukan letak fraksi bensin pada senyawa hasil perengkahan, dilakukan analisis dengan kromatografi gas terhadap bensin murni yang digunakan untuk masyarakat dan senyawa hasil perengkahan. Dengan membandingkan data waktu retensi senyawa yang diperoleh pada pola kromatogram pada masing-masing perlakuan dengan

sampel bensin, maka letak fraksi bensin pada sampel dapat diketahui.

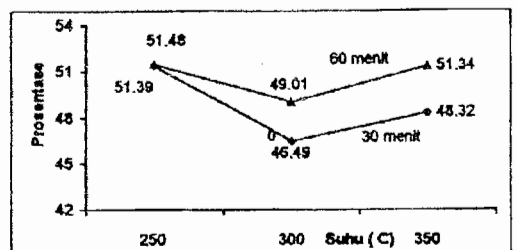
Untuk mengetahui rerata konversi yang terjadi selama proses perengkahan, dilakukan dengan menghitung pengurangan puncak-puncak besar yang terjadi selama perengkahan dan membandingkannya dengan luas puncak total dari tiap sampel. Dengan memperhatikan prosentase fraksi bensin yang dihasilkan, konversi maksimum yang terjadi, serta keserupaan sifat fisik dan kimia maka perlakuan terbaik perengkahan sampah plastik dapat ditentukan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi zeolit alam aktif dan penyiapan umpan perengkahan

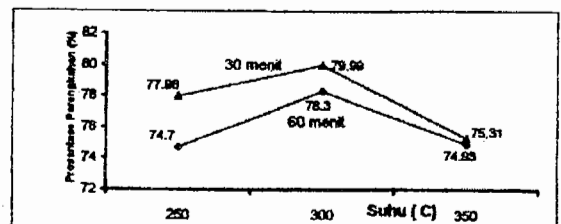
Zeolit alam aktif diperoleh dari PT Prima Zeolita dan harus dilakukan preparasi terlebih dahulu dengan melakukan kalsinasi dan oksidasi. Penyiapan umpan untuk proses perengkahan dilakukan dengan mendestilasi polipropilen yang sudah dipotong kecil-kecil. Fraksi yang diambil menjadi umpan yakni fraksi 160-250°C karena pada fraksi ini merupakan fraksi kerosin, yaitu fraksi minyak bumi yang ada di bawah fraksi bensin sehingga akan mudah diamati perubahan yang terjadi.

B. Uji aktivitas katalitik zeolit alam aktif



Grafik IV.1. Prosentase bensin yang dihasilkan dari perengkahan

Dari grafik di atas, dapat terlihat bahwa besarnya fraksi bensin yang terjadi pada umpan sebesar 42,97% sehingga fraksi bensin pada umpan yang telah direngkahkan akan mengalami penambahan seperti grafik diatas. Pada grafik terlihat bahwa hasil fraksi bensin yang maksimum diperoleh pada perlakuan suhu 250° C dan dengan waktu perengkahan selama 60 menit. Pada suhu 300° C terjadi penurunan prosentase fraksi bensin, dan kemudian kemabli naik pada suhu 350° C. Prilaku ini akan dijelaskan dengan hubungan grafik IV dengan grafik rerata prosentase konversi yang terjadi selama perengkahan.

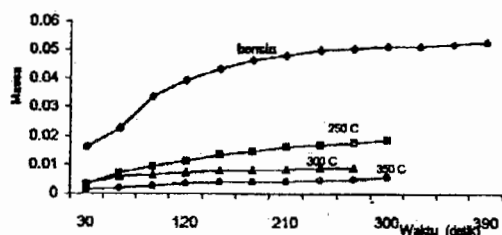


Grafik IV. 2. Prosentase rerata perengkahan

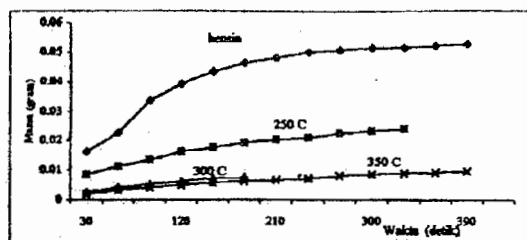
Pada grafik IV.1, nampak bahwa pada suhu 300°C perengkahan mengalami merata konversi maksimum, namun pada grafik IV.2, suhu 300°C menghasilkan fraksi bensin yang terrendah. Hal ini disebabkan kinerja katalis yang sangat baik, sehingga pada suhu 300°C yang dihasilkan tidak hanya fraksi bensin, tetapi dihasilkan pula fraksi yang lebih ringan yaitu fraksi gas dalam jumlah yang banyak, sehingga jumlah bensin yang dihasilkan sedikit. Fraksi gas yang dihasilkan segera meninggalkan reaktor setelah dibuka untuk mengambil hasil perengkahan.

Dari pengamatan grafik dapat dikatakan bahwa perlakuan optimum untuk menghasilkan fraksi bensin diperoleh dengan menggunakan suhu rengkah 250°C selama 30 menit dengan pertimbangan efisiensi energi yang digunakan.

C. Uji Sifat Fisis fraksi hasil perengkahan



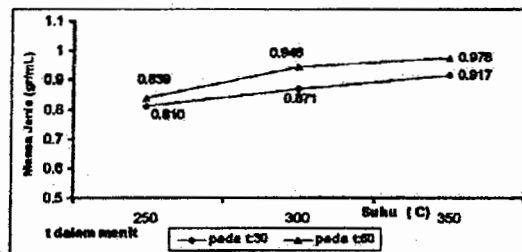
Grafik IV.3. Massa yang diuapkan pada senyawa hasil perengkahan dengan waktu rengkah 30 menit



Grafik IV.4. Massa yang diuapkan pada senyawa hasil perengkahan dengan waktu rengkah 60 menit.

Dari grafik di atas tampak bahwa pada suhu perengkahan 250°C dihasilkan senyawa yang memiliki massa penguapan yang paling mendekati massa penguapan bensin murni yang beredar di pasaran. Besar kecilnya massa yang diuapkan sebanding dengan besarnya tekanan uap yang dimiliki oleh senyawa.

Massa teruapkan terbesar pada hasil perengkahan terjadi pada suhu 250°C karena pada suhu tersebut terbentuk fraksi bensin yang paling banyak. Keberadaan fraksi minyak yang relatif berat ditunjukkan dengan semakin meningkatnya massa jenis hasil perengkahan pada suhu makin tinggi. Massa jenis terrendah terjadi pada suhu 250°C , dengan massa jenis yang mendekati massa jenis bensin yaitu $0,81\text{ g/mL}$.

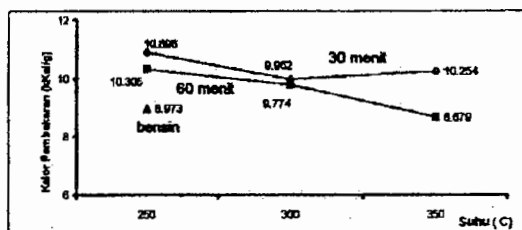


Grafik IV.5. Massa jenis senyawa hasil perengkahan

Dari grafik di atas tampak bahwa lamanya waktu perengkahan cenderung semakin meningkatkan massa jenis senyawa. Hal ini disebabkan oleh penguapan yang terjadi karena fraksi ringan yang terbentuk dengan mudah meninggalkan reaktor dalam jumlah yang banyak, selain karena terbentuk senyawa dengan fraksi lebih berat. Massa jenis yang kecil akan memudahkan aliran fluida, karena gaya gesek yang dialami lebih kecil, sehingga senyawa hasil perengkahan dengan suhu 250°C memiliki sifat terbaik sebagai bahan bakar jika dibanding senyawa hasil perengkahan yang lain.

B. Uji sifat kimia hasil perengkahan

Sifat kimia suatu senyawa dapat ditandai dengan reaktivitasnya terhadap senyawa lain dan perubahan yang terjadi selama reaksi berlangsung.

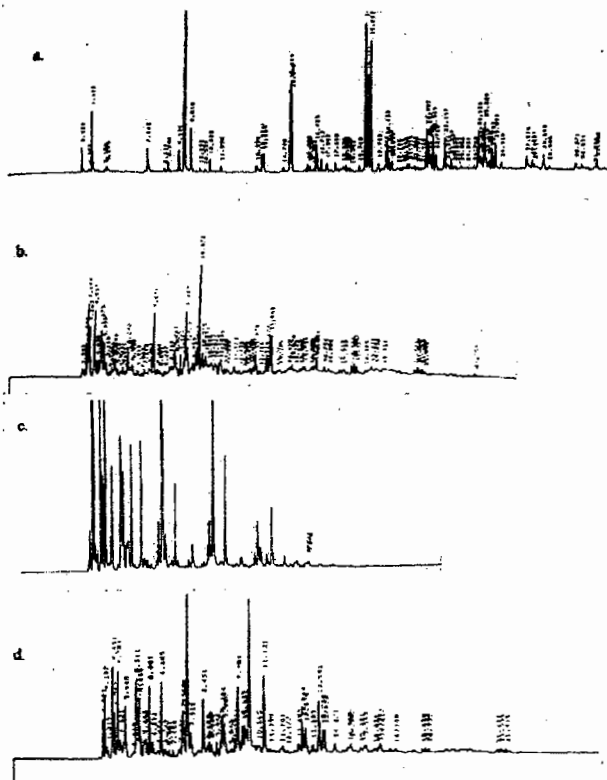


Grafik IV.6. Kalor pembakaran senyawa hasil perengkahan

Dari data di atas, kalor pembakaran senyawa hasil perengkahan tampak semakin menurun dengan kenaikan suhu dan waktu rengkah. Hal ini menandakan bahwa semakin berat fraksi yang dihasilkan, akan menurunkan kalor pembakaran. Penurunan kalor pembakaran dikarenakan ketika fraksi kecil menjadi fraksi besar, terjadi penurunan jumlah ikatan C-H yang mempunyai energi entalpi lebih tinggi jika dibanding dengan energi ikat C-C.

Pada grafik di atas, terlihat bahwa kalor pembakaran tertinggi ada pada suhu 250°C , lebih tinggi dibandingkan kalor pembakaran bensin, dan terrendah pada suhu 350°C . Anomali data terjadi pada suhu 350°C dan waktu rengkah 60 menit, yaitu ditandai dengan naiknya kalor pembakaran setelah sebelumnya turun.

Tingginya energi yang dihasilkan menandakan bahwa senyawa hasil perengkahan dapat dijadikan bahan bakar yang energinya lebih tinggi dibanding bensin.



Grafik V. Kromatogram hasil analisis dengan kromatografi kertas
a. kromatogram umpan
b. kromatogram perengkahan pada suhu 300 OC dengan waktu rengkah 60 menit
c. kromatogram bensin murni
d. kromatogram senyawa hasil perengkahan di speaking dengan bensin murni

Pada data diatas, pola kromatogram umpan berbeda dengan hasil perengkahan, ditandai dengan hilangnya puncak-puncak yang ada pada umpan dan munculnya puncak-puncak baru pada kromatogram hasil perengkahan.

Puncak-puncak yang baru muncul tersebut berada pada fraksi bensin yaitu pada daerah waktu retensi sebelum 15.646 menit. Banyaknya fraksi bensin yang dihasilkan jauh lebih besar dari puncak selain fraksi bensin. Puncak-puncak yang berada pada fraksi bensin mengalami penambahan luas yang besar, sementara puncak-puncak

lain tidak bertambah, ini merupakan bukti fraksi bensin yang dihasilkan pada perengkahan cukup baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Polipropilen dapat direngkah menjadi fraksi bensin dengan zeolit alam aktif sebagai katalisnya.
2. Kondisi optimum untuk menghasilkan fraksi bensin melalui perengkahan dengan menggunakan zeolit alam aktif pada suhu 250° C dan waktu rengkah 30 menit
3. Rerata konversi tertinggi terjadi pada suhu 300° C

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perilaku katalitik zeolit alam aktif pada suhu dibawah 250° C dan diatas 350° C dan dipelajari pengaruh keasaman zeolit alam aktif terhadap perengkahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Billmeyer, F.W., 1971, *Text Book of Polimer Science*, 2nd Edition, Jhon Wiley and Sons. Inc, New York.
- Cahyono, dkk, 1998, *Pembuatan Fraksi Bensin dari Sampah plastik Dengan Menggunakan Zeolit Alam*, Laporan Penelitian, FMIPA UGM Yogyakarta.
- Fried, R.J., 1989, *Analysis of Polymer and Introduction*. First edition, Pergamon Press, New York.
- Hartomo, A.J., 1995, *Penuntun Analisis Polimer Aktual*, Edisi I, Andi Offset, Yogyakarta
- Nugroho, K.F, dkk., 1999, *Pembuatan Panel Cu/Zeolit sebagai Kolektor Energi Surya*, Laporan Penelitian Lomba Inovasi Teknologi Mahasiswa 1998/1999
- Swasti,S.,1995. *Eksistensi Pemulung di Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Siklus Daur Ulang Sampah*, Buletin Penalaran Mahasiswa UGM, Volume 3.
- Wibowo, B., 1986, *Barometer Bisnis di Indonesia*, Edisi I, Yayasan Bina Pembangunan, Jakarta.